

Gradient coil for magnetic resonance imaging apparatus

Patent number: DE19856802
Publication date: 2000-08-17
Inventor: ARZ WINFRIED (DE); SCHUSTER JOHANN (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
- international: **G01R33/385; G01R33/38**; (IPC1-7): G01R33/385
- european: G01R33/385
Application number: DE19981056802 19981209
Priority number(s): DE19981056802 19981209

[Report a data error here](#)

Abstract of **DE19856802**

The gradient coil has a primary coil (2) formed around a central carrier (1) and enclosed by a secondary coil (6), for providing active magnetic screening, both coils embedded in a resin mass. The carrier for the secondary coil is provided by a segmental cage (10) inserted between the primary and secondary coils and assembled from several axial profiles made of plastics with embedded reinforcing fibres or meshes, which are joined together along their abutting longitudinal edges.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



21 Aktenzeichen: 198 56 802.9
22 Anmeldetag: 9. 12. 1998
43 Offenlegungstag: 17. 8. 2000

71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Arz, Winfried, Dipl.-Ing. (FH), 90762 Fürth, DE;
Schuster, Johann, 90522 Oberasbach, DE

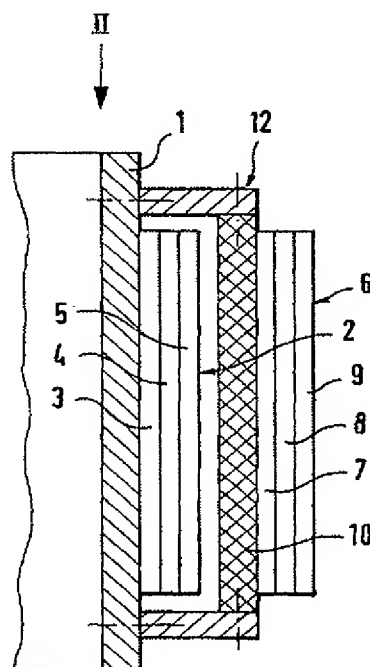
56 Entgegenhaltungen:
DE 195 47 279 A1
DE 41 41 514 A1
US 49 54 781

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Gradientenspule

57 Gradientenspule für Magnetresonanzenanlagen mit einer auf einem zentralen Träger gefertigten Primärspule und einer sie umgebenden, zur aktiven Magnetabschirmung dienenden Sekundärspule, die beide in eine Vergußmasse eingebettet sind, mit einem, vorzugsweise den Träger der Sekundärspule (2) bildenden, zwischen Primär- und Sekundärspule angeordneten, in die Vergußmasse mit-eingebetteten Segmentkäfig (10) aus vorzugsweise axial durchgehenden Kunststoffprofilen (11, 11', 11'', 11''').



Die Erfindung bezieht sich auf eine Gradientenspule für Magnetresonanzanlagen mit einer auf einem zentralen Träger gefertigten Primärspule und einer sie umgebenden, zur aktiven Magnetabschirmung dienenden Sekundärspule, die beide in eine Vergußmasse eingebettet sind.

Aus der Produktion und dem Betrieb derartiger hochleistungsfähiger Gradientenspulen, wobei der zentrale Träger üblicherweise ein Wickeldorn ist, um die innerste Lage der Primärspule möglichst nah am Patienten anzuordnen, ergeben sich eine Reihe von Problemkreisen.

Das erste Problem ist die Lärmentwicklung derartiger Spulen, bei denen die dynamischen Magnetkräfte den Spulenkörper verformen und somit auch die Luftsäule im Patientenraum oszillieren lassen. Die Amplitude der Verformung hängt wesentlich von der Steifigkeit der Spulenstruktur ab. Eine signifikante Lärmpegelreduktion läßt sich deshalb über Versteifungsmaßnahmen der Gradientenspule erreichen.

Ein weiteres Problem beim Aufbau herkömmlicher Gradientenspulen ergibt sich daraus, daß es im Kern des radialen Aufbaus der Gradientenspule Bereiche gibt, wo sich erhebliche Mengen von Vergußmasse ansammeln, wobei als Vergußmasse bevorzugt Epoxdharz eingesetzt wird. Aufgrund des unvermeidlichen Schwundes während des Gießprozesses wird aus angrenzenden Stellen mit weniger Volumen, also geringerer Schichtdicke, Vergußmasse abgezogen, woraus Risse und Lunker resultieren können.

Schließlich ergibt sich wegen des Radialaufbaus der Unterkomponenten, z. B. der Spulensättel, das Problem, daß sich stets unvermeidliche Toleranzen dieser Unterkomponenten addieren bzw. akkumulieren, was zu meßbaren Einbußen in der Bildqualität führen kann.

Bei einem der bisher bekannten Typen von Gradientenspulen erfolgt der Aufbau der Sekundärspule auf einem GFK-Rohr, welches relativ zum zentralen Träger justiert und fixiert wird. Der Vorteil dieses Aufbaus besteht in einer hohen Genauigkeit, in der Möglichkeit einer Justage und in der sich ergebenden hohen Steifigkeit. Diesen Vorteilen stehen jedoch die Nachteile der sehr hohen Kosten gegenüber sowie die Tatsache, daß das Rohr einerseits als Trennfuge wirkt und auch keine Radialschrumpfungen aufnehmen kann, also mit der Vergußmasse nicht "mitatmen" kann.

Bei einem weiteren bekannten Typ einer Gradientenspule erfolgt der Aufbau der Sekundärspule direkt auf der Primärspule, was einen sehr viel einfacheren Aufbau ergibt und erhebliche Kosten einspart. Der Nachteil dieser Konstruktion ist die fehlende Justage und die bereits weiter oben angesprochene Akkumulation der Toleranzen der Unterkomponenten des Spulenaufbaus.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Gradientenspule der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß sich bei kostengünstigem Aufbau Verbesserungen sowohl hinsichtlich der Lärmentwicklung und der Vergußmassenverteilung als auch der Reduktion der Toleranzen ergeben.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Gradientenspule der eingangs genannten Art erfindungsgemäß gekennzeichnet durch einen, vorzugsweise den Träger der Sekundärspule bildenden, zwischen Primär- und Sekundärspule angeordneten, in die Vergußmasse miteingebetteten Segmentkäfig aus vorzugsweise axial durchgehenden Kunststoffprofilen, die zweckmäßigerweise aus faser- oder gewebeverstärktem Kunststoff bestehen können.

Durch einen solchen Segmentkäfig, bei dem vorteilhafterweise die Kunststoffprofile entlang ihrer Längskanten stoff- oder formschlüssig miteinander verbunden sind und die, zu-

mindest außen entsprechend dem Radius des Segmentkäfigs gewölbten, Kunststoffprofile ggf. mit nach innen gerichteten Versteifungsrippen versehen sind, ergibt sich eine beträchtliche Versteifung des gesamten Spulenkörpers und somit vor allem eine Reduktion der Biegeschwingungen in Längsrichtung. Aufgrund der gegenseitigen mechanisch festen Verbindung durch die Einbettung in eine Vergußmatrix wird auch die Steifigkeit in Umfangsrichtung erhöht. Es entsteht ein hochfester Kern unterhalb der Sekundärspule, der wesentlich steifer ist als ein Kunststoffrohr. Auf diese Art und Weise kann die Lärmemission beträchtlich reduziert werden.

Durch die Anordnung des Segmentkäfigs zwischen der Primär- und der Sekundärspule liegen die Segmente genau an den Stellen, wo sich große Volumina der Vergußmasse ergeben, und zwar im Bereich der Shimtaschen. Durch den Aufbau der Gradientenspule mit einem erfindungsgemäßen Segmentkäfig läßt sich, wie umfangreiche, der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Versuche gezeigt haben, das Vergußvolumen global um ca. 20% reduzieren und daher kann auch auf das bisher manchmal angewandte volumenspendende Verfahren, bei dem die zu vergießenden Räume vorher mit Glaskugeln aufgefüllt werden, verzichtet werden.

In Ausgestaltung der Erfindung können dabei die Kunststoffprofile aus GFK, Glas-Epoxd oder Glas-Polyester mit eingeformten, axial verlaufenden Freisparungen versehen sein, insbesondere können auch Freisparungen für die Shimtaschen (Gießkerne) oder die Shimtaschen selbst unmittelbar in die Kunststoffprofile des Segmentkäfigs eingeformt sein. Dies ergibt auch eine sehr präzise Anordnung der Shimtaschen.

Durch den erfindungsgemäßen Aufbau mit einem aus einzelnen, miteinander vorzugsweise verbundenen, Kunststoffprofilen gebildeten Segmentkäfig läßt sich auch eine erhebliche Reduzierung der Toleranzen erzielen. Zu diesem Zweck ist gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung vorgesehen, daß die Kunststoffprofile stirnseitig an zur Spulenachse konzentrisch angeordneten Halteringen befestigt sind, wobei diese Halteringe nicht nur den Aufbau des Segmentkäfigs und den Zusammenhalt der Kunststoffprofile und ihre Ausrichtung vor dem Vergießen vereinfachen, sondern darüber hinaus die Möglichkeit besteht, daß die Halteringe sich über angeformte Abstützstege am zentralen Träger der Primärspule, z. B. dem Wickeldorn, abstützen. Auf diese Art und Weise ist der Aufbau des Segmentkäfigs und der auf ihm angeordneten Sekundärspule unabhängig von den Toleranzen beim Aufbau der Primärspule. Es findet also keine Akkumulation der Einzeltoleranzen statt und somit ergibt sich eine erhebliche Verbesserung der Bildqualität.

Dabei liegt es auch noch im Rahmen der Erfindung, die Abstützstege über Justierschrauben am Träger der Primärspule abzustützen, um auf diese Art und Weise noch eine zusätzliche Justiermöglichkeit zu erreichen, wobei die Verwendung der stirnseitigen Halteringe die Justierung der Sekundärspule nicht in nur in X-Y-Richtung, sondern auch in Z-Richtung ermöglicht.

Die erfindungsgemäßen Kunststoffprofile können ggf. punktuell durch integrierte Faserbündel oder Matten verstärkt sein, wobei als Fasern Kohlefasern, Glasfasern oder Kevlar eingesetzt werden können, während die Matrix der Kunststoffprofile aus Epoxdharz, Polyester, Vinylester oder anderen thermoplastischen Werkstoffen bestehen kann. Die Matrix kann darüber hinaus auch zur Erzielung einer besseren Hochspannungsfestigkeit evakuiert werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung.

Dabei zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Teilschnitt durch eine erfindungsgemäß aufgebaute Gradientenspule,

Fig. 2 eine verkleinerte Stirnansicht der Gradientenspule nach **Fig. 1**,

Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt III in **Fig. 2**,

Fig. 4 bis 6 unterschiedlich ausgebildete und in unterschiedlicher Weise zueinander angeordnete und justierte Kunststoffprofile zur Bildung des erfindungsgemäßen Segmentkäfigs,

Fig. 7 eine weitere Variante eines Kunststoffprofils für den Segmentkäfig mit eingebauter Shimtasche, und

Fig. 8 eine perspektivische Ansicht eines aus Profilen gem. **Fig. 7** aufgebauten Segmentkäfigs.

Die in den **Fig. 1 bis 3** sehr schematisch und ohne die meist in den Primär- und Sekundärspulen noch zusätzlich vorgesehene Kühlung dargestellte Gradientenspule zeigt einen zentralen Träger **1** zum Aufbau der Primärspule **2**, wobei dieser zentrale Träger **1** bevorzugt ein Wickeldorn sein kann, auf dem die einzelnen Spulenlagen **3, 4 und 5** für die X-Achse, die Y-Achse und die Z-Achse zentriert aufgebracht sind. Die Fertigung der Sekundärspulen **6** mit den Spulenlagen **7, 8 und 9** für die verschiedenen Achsrichtungen erfolgt erfindungsgemäß auf einem Segmentkäfig **10**, der aus einzelnen, in den **Fig. 4 bis 8** in unterschiedlichen Ausführungsformen gezeigten, in axialer Richtung durchlaufenden Kunststoffprofilen **11, 11', 11''** bzw. **11'''** besteht, die wie bei den Ausführungsbeispielen nach den **Fig. 4, 5, 7 und 8** entlang ihrer Längskanten stoff- oder formschlüssig miteinander verbunden sein können, oder aber auch unverbunden nebeneinander angeordnet sein können, wie dies in **Fig. 6** gezeigt ist. Die Kunststoffprofile **11, 11', 11''** und **11'''** sind an ihren beiden Stirnenden an Halteringen **12** befestigt, die sich über vier jeweils um 90° gegeneinander versetzte Abstützstege **13** am zentralen Träger **1** abstützen, so daß ein Einfluß der Toleranzen der Primärspulenkomponenten auf die Ausrichtung und Justierung der Sekundärspule **6** ausgeschlossen ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt die Abstützung der Abstützstege **13** über Justierschrauben **14**, so daß die Halteringe noch zusätzlich relativ zum zentralen Träger **1** bzw. der Primärspule **2** justiert werden können.

Bei den Ausführungsformen nach den **Fig. 4 und 5** sind die Kunststoffprofile **11** und **11'** entlang ihrer Längskanten mit ineinander einhakbaren Hakenrändern **15** und **16** bzw. **15'** und **16'** versehen, von denen die Hakenränder **15, 15'** als Verstärkungsrippen ausgebildet sind. Neben den Hakenrändern **16, 16'** können weitere Verstärkungsrippen **17, 17'** angeformt sein, wobei die Verstärkungsrippen **17** in **Fig. 4** mit zusätzlichen Freisparungen **18** versehen sind, die sowohl zur Aufnahme von Leitungen als auch von Kühlrohren od. dgl. dienen können.

Im Falle der Anordnung nach **Fig. 6** liegen die als Verstärkungsrippen **19** ausgebildeten Seitenränder der Kunststoffprofile **11''** in geringem Abstand nebeneinander, so daß die so gebildete Gradientenspule frei mit der Epoxydvergußmasse atmen kann. Die Justierung und Ausrichtung der Profile zueinander sind nach wie vor durch die Halteringe **12** an den Stirnseiten der Kunststoffprofile **11'** gewährleistet.

Beim Ausführungsbeispiel nach den **Fig. 7 und 8** erkennt man ein Kunststoffprofil **11'''** mit einer eingebauten Shimtasche **20** und eingelegten Verstärkungen **21**. Darüber hinaus weist das Kunststoffprofil in diesem Fall eine Vielzahl von Freisparungen **22** auf. Bei der gezeigten Anordnung mit der Vielzahl von Freisparungen **22** können diese bevorzugt zur integrierten Aufnahme von Kühlrohren dienen. An der einen Längskante **23** ist das Kunststoffprofil **11'''** mit einer C-förmigen Hinterschneidung **24** versehen, während längs der anderen Stirnkante **25** das Kunststoffprofil einen T-förmigen

Kopf **26** bildet, der in die C-förmige Hinterschneidung **24** eines benachbarten Profils in axialer Richtung einschiebbar ist, um auf diese Weise eine bewegliche und auch im wesentlichen formschlüssige Verbindung zu bilden. Den Aufbau der fertigen Gradientenspule aus Profilen **11'''** nach **Fig. 7** erkennt man aus **Fig. 8**.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Die Ausbildung und die Art der Verbindung der Kunststoffprofile **11, 11', 11'', 11'''** kann erkennbar in unterschiedlicher Weise erfolgen, wobei auch zusätzlich weitere Freisparungen, entsprechend den Freisparungen **27** in den **Fig. 5 und 6** vorgesehen sein können, um einen Raum zur integrierten Aufnahme von Kühlrohren zu schaffen.

Patentansprüche

1. Gradientenspule für Magnetresonanzanlagen mit einer auf einem zentralen Träger gefertigten Primärspule und einer sie umgebenden, zur aktiven Magnetabschirmung dienenden Sekundärspule, die beide in eine Vergußmasse eingebettet sind, **gekennzeichnet durch** einen, vorzugsweise den Träger der Sekundärspule (**2**) bildenden, zwischen Primär- und Sekundärspule angeordneten, in die Vergußmasse miteingebetteten Segmentkäfig (**10**) aus vorzugsweise axial durchgehenden Kunststoffprofilen (**11, 11', 11'', 11'''**).
2. Gradientenspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffprofile (**11, 11', 11'', 11'''**) faser- oder gewebeverstärkt sind.
3. Gradientenspule nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffprofile (**11, 11', 11'', 11'''**) entlang ihrer Längskanten stoff- oder formschlüssig miteinander verbunden sind.
4. Gradientenspule nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die, zumindest außen entsprechend dem Radius des Segmentkäfigs (**10**) gewölbten, Kunststoffprofile (**11, 11', 11'', 11'''**) mit nach innen gerichteten Verstärkungsrippen versehen sind.
5. Gradientenspule nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkungsrippen benachbarter Kunststoffprofile (**11, 11', 11'', 11'''**) ineinander einhakbar sind.
6. Gradientenspule nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffprofile (**11, 11', 11'', 11'''**) stirnseitig an zur Spulenachse konzentrisch angeordneten Halteringen (**12**) befestigt sind.
7. Gradientenspule nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Halteringe (**12**) sich über angeformte Abstützstege (**13**) am zentralen Träger (**1**) der Primärspule (**2**) abstützen.
8. Gradientenspule nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstützstege (**13**) sich über Justierschrauben (**14**) am zentralen Träger (**1**) der Primärspule (**2**) abstützen.
9. Gradientenspule nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffprofile (**11, 11', 11'', 11'''**) mit eingeformten, axial verlaufenden Freisparungen (**18, 22, 27**) versehen sind.
10. Gradientenspule nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffprofile (**11'''**) mit eingeformten Shimtaschen (**20**) versehen sind.

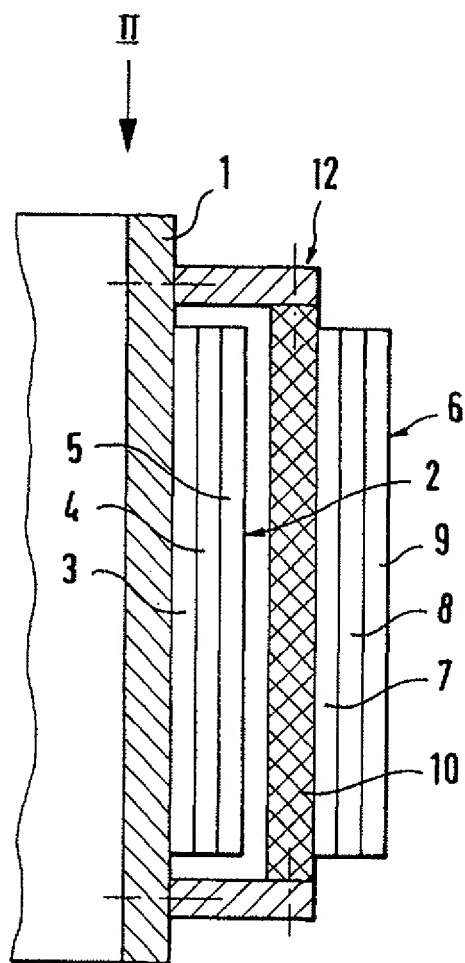


FIG. 1

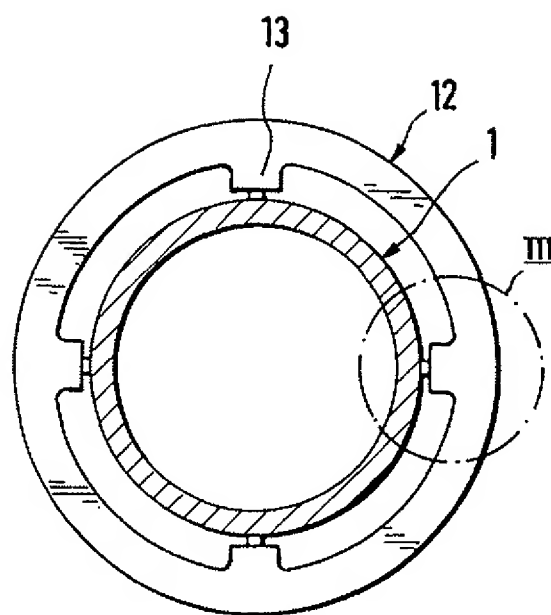


FIG. 2

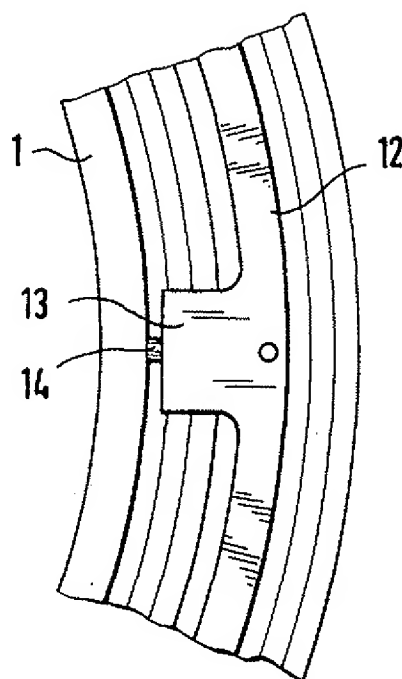
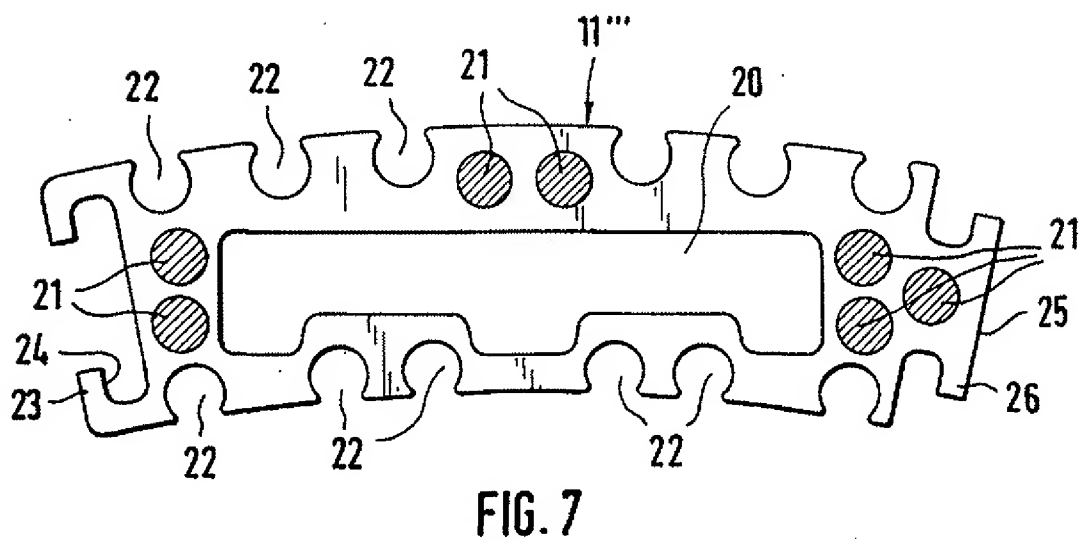
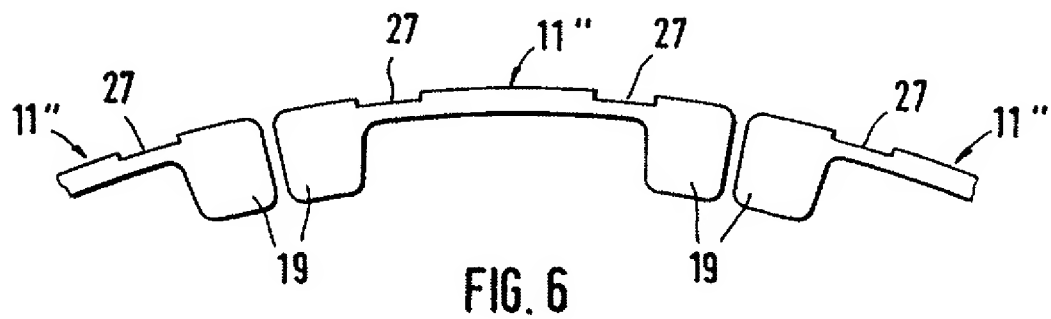
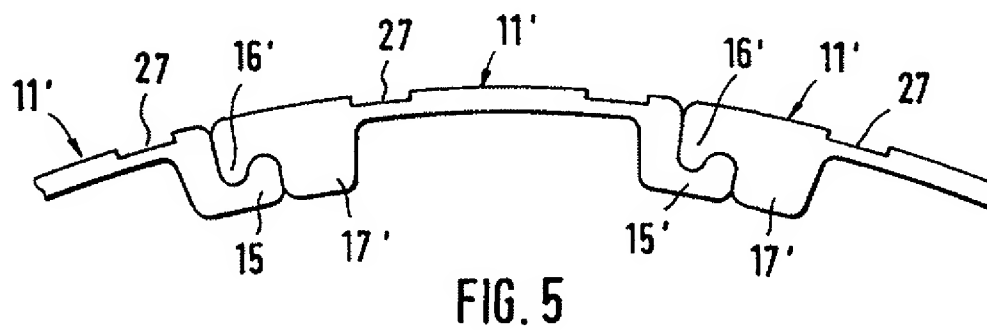
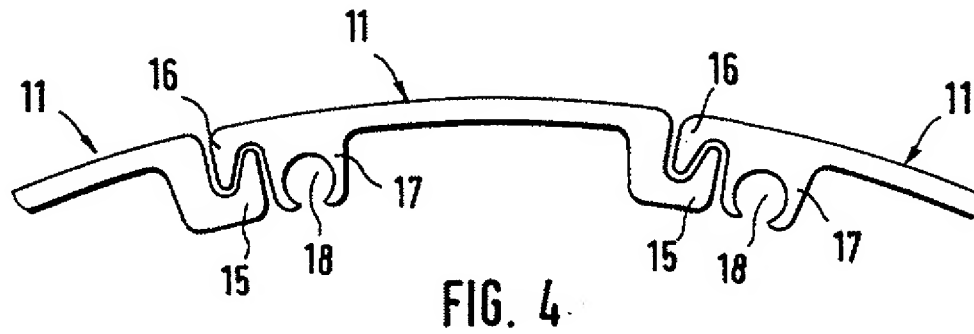


FIG. 3



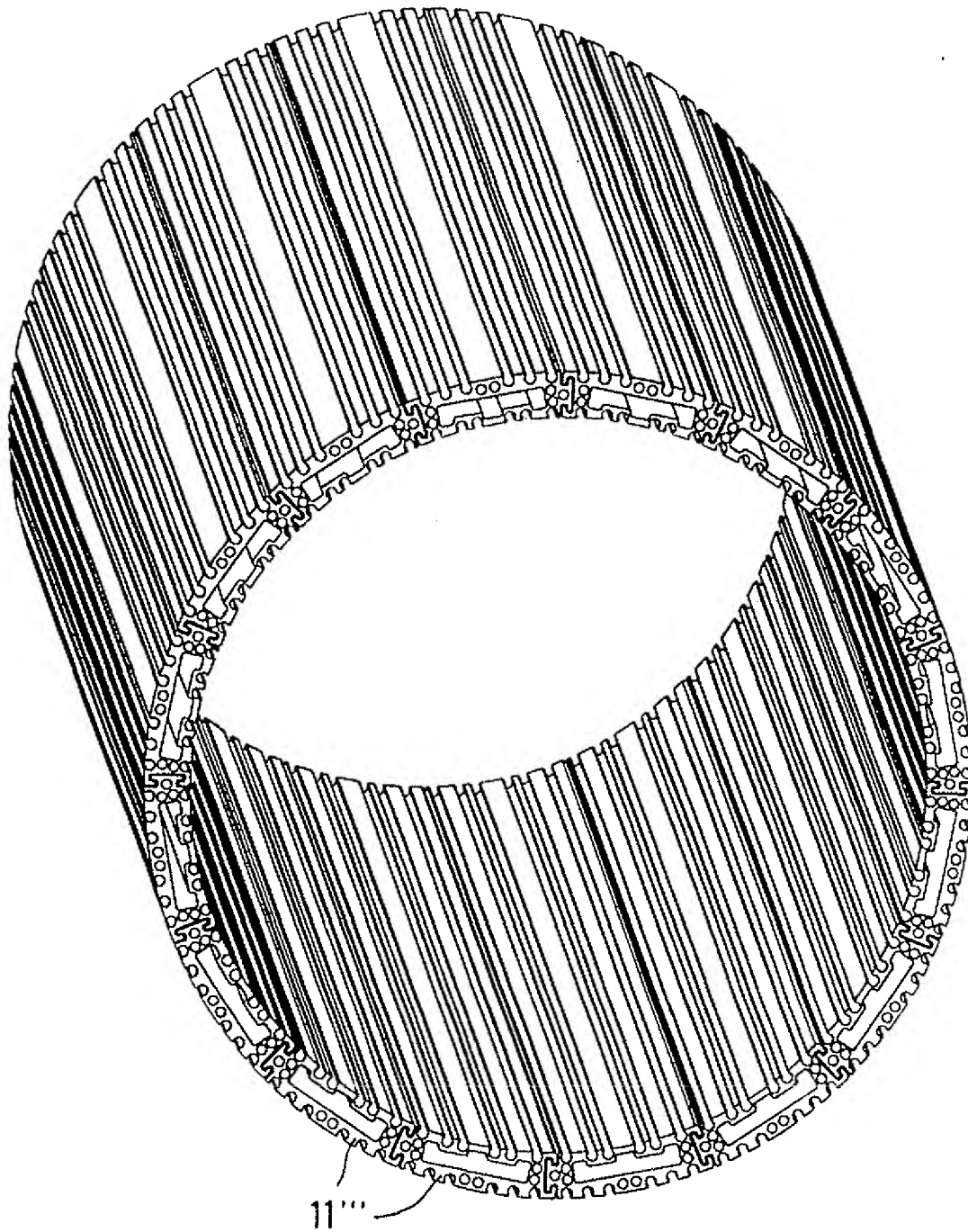


FIG. 8